

## Список использованных источников

1. Арутюнов В.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей / В.А. Арутюнов, В.В. Бухмиров, С.А. Крупенников. – М.: Металлургия, 1990. – 239 с.
2. Спирин Н.А. Введение в системный анализ теплофизических процессов металлургии: Учебное пособие для вузов / Н.А. Спирин, В.С. Швыдкий, В.И. Лобанов, В.В. Лавров. – Екатеринбург: УГТУ, 1999. – 205 с.
3. Денисов М.А. Экспериментально-расчетный метод определения рациональных режимов нагрева металла в действующих печах // Тезисы докладов всесоюзной научно-технической конференции, посвященной 60-летию ВНИИМТ. – Свердловск, 1990.
4. Соколов А.К. Алгоритмы и программы моделирования и оптимизации тепловой работы промышленных печей. – Иваново: ИЭИ, 1975. – 95 с.
5. Спирин Н.А. Информационные системы в металлургии: учебник для вузов / Н.А. Спирин, Ю.В. Ипатов, В.И. Лобанов [и др.]. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2001. – 617 с.
6. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии: учеб. пособие / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, С.И. Паршаков, С.Г. Денисенко; под ред. Спирин Н.А. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2006. – 311 с.

УДК 621.771.25

**М. О. Борисова, С. П. Куделин**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## СИСТЕМА ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ СОРТОПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### Аннотация

*В данной статье рассматривается информационная система графического проектирования калибровки валков сортопрокатного производства, в которую входит разработанное авторами статьи приложение для обработки калибровки и графического проектирования в различных масштабах. Приложение предоставляет возможность вводить параметры формоизменения калибровки валков, работать с данными по технической характеристике стана, используемых при прокатке. Кроме того, реализовано графическое проектирование в различных масштабах*

*Разработанное программное средство позволяет автоматизировать графическое проектирование калибровки валков, что понижает временные затраты калибровщика на графическое проектирование и понижает вероятность ошибки при проектировании.*

**Ключевые слова:** информационная система, графическое проектирование, калибровка валков, с#.

### Abstract

*This article discusses the information system of graphic design of calibration of rolls of rolling production, which includes developed by the authors of the article application for processing calibration and graphic design at different scales. The application provides the ability to enter the parameters of the roll calibration shape change, work with data on the technical characteristics of the mill used in rolling. In addition, graphic design is implemented at various scales.*

*The developed software tool allows to automate the graphic design of roll calibration, which reduces the time spent on the graphic design of the calibrator and reduces the likelihood of errors in the design.*

**Key words:** *information system, graphic design, roll calibration, c#.*

Сортопрокатное производство, являясь одним из последних пределов металлургического производства [1], производит значительные объемы профилей простой формы (рис. 1). Профили простой формы производятся в соответствии с технологией, получившей наименование «Калибровка валков».

Калибровка валков определяется 7 основными этапами [2]:

- распределение коэффициентов вытяжки, выбор системы калибров;
- расчет формоизменения металла;
- расчет температурного режима прокатки;
- расчет энергосиловых параметров;
- размещение калибров на валках;
- обратные связи;
- ограничения.

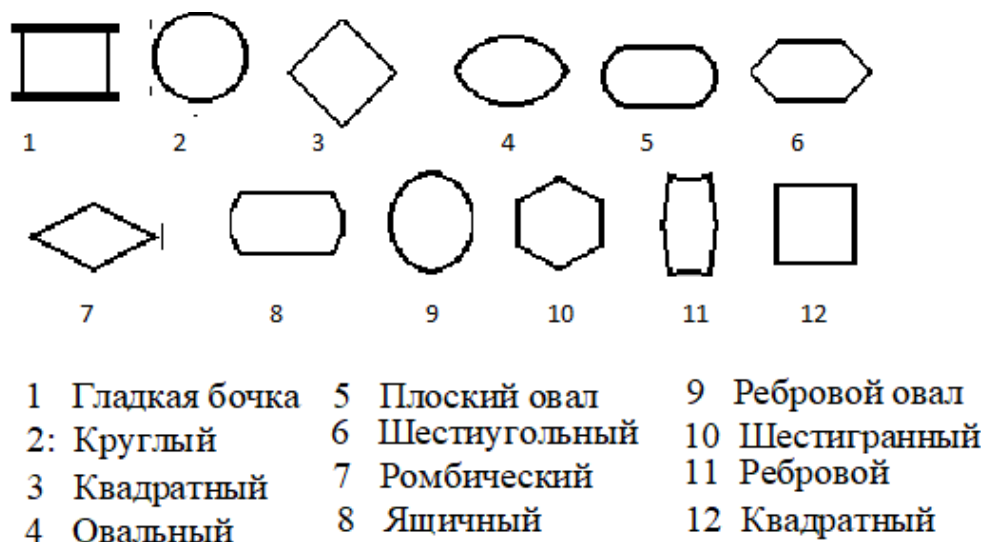


Рис. 1. Профили простой формы

В этой модели мы можем выделить три основных группы этапов: проектирование, расчет дополнительных параметров и размещение формоизменения на прокатных валках. Первая группа этапов включает такие этапы как выбор системы калибров и перерасчет коэффициентов вытяжки, расчет формоизменения, расчет дополнительных параметров и размещение калибров на валках. Указанные группы этапов обладают значительной сложностью, необходимостью максимального использования обратных связей,

ограничений. По взаимному влиянию эти группы этапов являются сильно взаимосвязанными, но первостепенной задачей при автоматизации проектирования калибровки валков является первая группа этапов, в которой возможно применение опыта калибровщика.

Таким образом, создание графического интерфейса даёт возможность сделать первый шаг в разработке новой системы проектирования калибровки валков, основанной на принципиально других принципах по сравнению с САПР «Сортовая прокатка» [3].

Требования к системе включают работу графического интерфейса в нескольких режимах:

- с единым масштабом;
- с максимальным использованием пространства экрана;
- в масштабе размещения калибров на прокатных валках.

Разработанная система, состоит из двух форм:

- форма по-проходной обработки калибровки;
- форма графического проектирования.

Форма по-проходной обработки калибровки (рис. 2) предоставляет возможность вводить параметры формоизменения калибровки валков, работать с данными по технической характеристике стана, используемых при прокатке. Оператор АРМ (калибровщик) в главном окне системы может осуществить выбор систем калибров для каждого прохода, исходя из необходимости обеспечения долговечности работы калибров и максимального обжатия при недостаточной устойчивости полосы (ящичный – ящичный), формирование чистового профиля (круг, квадрат, шестигранник), калибры максимальной устойчивости полосы в калибре (ромб-квадрат).

	Нкл	Подкат	Калибр	Но, мм	Во, мм	Нз, мм	Вз, мм	Wl, мм²/мм	S, мм
1		Гладкая бочка	Ящичный	81,1	81,1	70,5	83,6	5827,3	32,1
2		Гладкая бочка	Ящичный	70,5	83,6	51,2	90,3	4535,9	17,3
3		Ящичный	Ящичный	90,3	51,2	59,5	59,5	2993,9	3,4
4		Гладкая бочка	Овальный	59,5	59,5	40,5	75	2321,5	2,1
5		Овальный	Квадратный	75	40,5	54,4	54,4	1745,7	1,9
6		Гладкая бочка	Овальный	42,2	42,2	26,7	57,1	1151,8	1,9
7		Овальный	Ребровой овал	57,1	26,7	40,9	32,7	1017,9	1,9
8		Ребровой овал	Овальный	32,7	40,9	19,5	50,8	739,9	1,9

Рис. 2. Главная форма ЭС

Для обеспечения возможности непосредственного графического проектирования в различных масштабах, реализована дополнительная форма (рис. 3). На форме отображается проход, включающий калибр и полосу с

нанесением соответствующих размеров, позволяющих специалисту быстро найти необходимый параметр и откорректировать его значение в соответствующей строке ввода. При возвращении в главную форму по нажатию кнопки «Сохранить» данные автоматически сохраняются в базе данных, при нажатии кнопки «Отменить» изменения, внесенные в поля ввода, игнорируются. Графический интерфейс предоставляет возможность наложения калибров смежных проходов и с дополнительным проходом. При разработке алгоритма отрисовки применены возможности упрощения, которые включают схематичное отображение заполнения калибра и основано на отсутствии необходимости точно отображать полосы с коэффициентом заполнения 0,8 и ниже. Величина превышения площади сечения полосы подката над калибром оценивается непосредственно оператором (калибровщиком).

Все программное обеспечение разработано на языке программирования C# под операционную систему Windows 10. Преимуществом этого подхода является обеспечение максимальной совместимости с последующими версиями компиляторов и возможности последующей модификации кода [4].

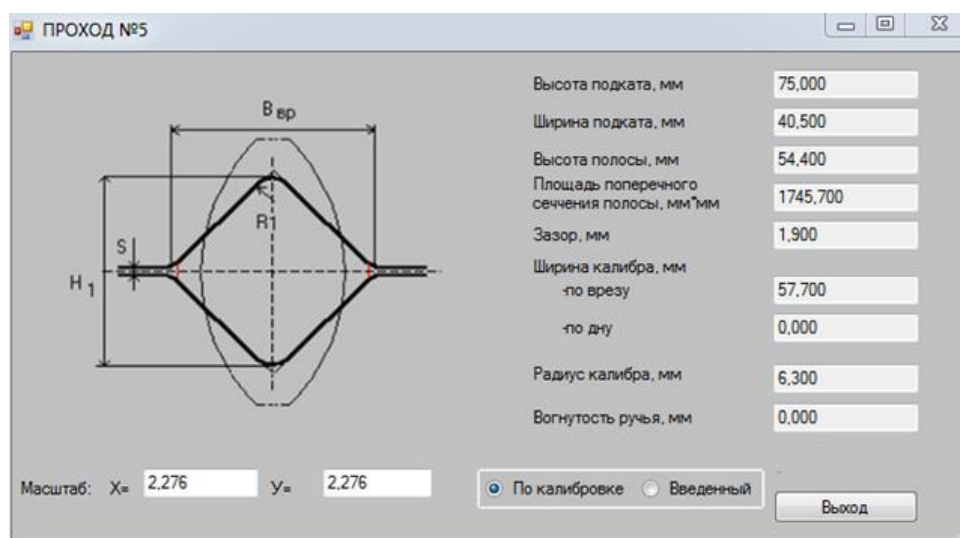


Рис. 3. Окно графической отрисовки прохода

Таким образом, на кафедре разработана система графического проектирования калибровки валков сортовых профилей простой формы в соответствии с техническими требованиями, составленными при прохождении производственной практики. Она призвана помочь пользователю отказаться от ручной прорисовки профилей с последующим наложением их друг от друга. Система производит схематичное моделирование поведения полосы в калибре, что особенно важно для начинающих калибровщиков. Система позволяет проектировать технологическую цепочку, включающую несколько проходов одновременно. В форме отрисовки предоставляется функционал для расчета коэффициента заполнения полосой калибра выбранного прохода. Система графического проектирования является первым шагом в разработке информационной системы нового типа, опирающейся не только на алгоритмы нашего университета, но и опыт конкретного калибровщика.

## Список использованных источников

1. Целиков А.И., Гришков А.Н. Теория прокатки: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1970. – 320 с.
2. Калибровка прокатных валков: учеб. пособие для вузов / В.К. Смирнов, В.А. Шилов, Ю.В. Инатович; изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Теплотехник, 2010. – 490 с.
3. Экспертная система технологии сортовой прокатки / В.А. Шилов, Ю.В. Инатович, С.П. Куделин, А.Р. Бондин // Известия вузов. Черная металлургия. 2015. Т. 58. № 9. С. 710-715.
4. Васильев А. Программирование на C# для начинающих. Особенности языка. – М.: ЛитРес, 2018. – 530 с.

УДК 621.771.25

**И. О. Гелеверя, С. П. Куделин, Е. И. Устинова**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## МОДУЛЬ НСИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ ШВЕЛЛЕРА

### Аннотация

*В статье рассмотрены сложности формирования калибровки валков фасонных профилей. В качестве основной методики разработки новой технологии рассмотрено применение поиска профиля-аналога с последующей модификацией найденной калибровки валков. Первым шагом для построения информационной системы проектирования калибровок валков стало построение автоматизированного рабочего места ввода и корректировки нормативно-справочной информации.*

**Ключевые слова:** фасонный профиль, калибровка валков, профиль-аналог, информационная система, технология прокатки, нормативно-справочная информация.

### Abstract

*The article discusses the complexity of the formation of roll pass design of shaped profiles. As the main method of developing a new technology, the application of searching for a profile-analogue with the subsequent modification of the found roll pass design was considered. The first step to build an information system for designing rolling technologies was to build an module for entering and correcting reference information.*

**Key words:** shaped profile, roll pass design, profile-analogue, information system, rolling technology, reference information.

Производство сложных сортовых профилей отраслевого и специального назначения, таких как уголки, рельсы и швеллера (рис. 1), из различных марок стали, по различным технологиям прокатки является важной народнохозяйственной задачей [1]. Технологии производства [2] зависят от: